

①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

①2 Patentschrift
①0 DE 37 45 037 C 2

⑤1 Int. Cl.⁸:
F 16 J 15/34

②1 Aktenzeichen: P 37 45 037.9-12
②2 Anmeldetag: 14. 10. 87
④3 Offenlegungstag: 11. 5. 88
④5 Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 30. 1. 97

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

③0 Innere Priorität: ③2 ③3 ③1
28.10.86 DE 36 36 708.7

⑦3 Patentinhaber:
Pacific Wietz GmbH + Co KG, 44388 Dortmund, DE

⑦4 Vertreter:
Andrejewski und Kollegen, 45127 Essen

⑥2 Teil aus: P 37 34 704.7

⑦2 Erfinder:
Victor, Karl-Heinz, 44577 Castrop-Rauxel, DE;
Laarmann, Hans-Wilhelm, Dipl.-Ing., 59077 Hamm,
DE; Maser, Gustav, 44227 Dortmund, DE; Dedeken,
Ralf, Dipl.-Ing. Dr., 58455 Witten, DE

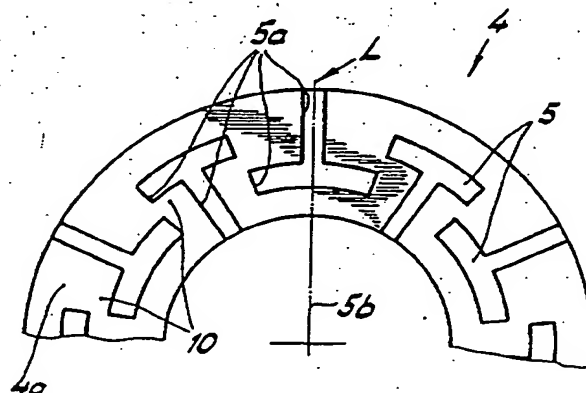
⑤6 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit
in Betracht gezogene Druckschriften:

DE 24 44 544 A1
DE-GM 19 00 441
EP 00 13 678 B1

Prospekt »ESK Ekasic-Sinterkörper«, Nr.3-11/83,
1983, Fa. Elektroschmelzwerk Kempten GmbH;
MAYER, E.: »Axiale Gleitringdichtungen«,
VDI-Verlag, Düsseldorf, 1982;
GABRIEL: »Fundamentals of Spiral Groove
Noncontacting face Seals« Asle Reprint
No.78.AM-3D-1, 1978;
DROSCHA, H.: »Gleitringdichtungen mit oxid-
keramischen Gegenringen«, Konstruktion 20 (1968),
H.5, S.189f.;
MAYER, E.: »Das Widerstandsvermögen von Gleit-
werkstoffen axialer und radialer Gleitring-
dichtungen gegen Wärmespannungsrisse«, VDI-Z.,
102 (1960), Nr.18, S.728f.;

⑤4 Gasgesperrte, kontaktlose Dichtungsanordnung für eine Welle mit Dichtungsgehäuse

⑤7 Gasgesperrte, kontaktlose Dichtungsanordnung für eine Welle mit Dichtungsgehäuse, in dem Dichtungsgehäuse angeordnetem Stator-Dichtungsring und auf der Welle angeordnetem, wellenförmigen Rotor-Dichtungsring. Die beiden Dichtungsringe arbeiten mit ihren Dichtungsstirnflächen, von denen zumindest eine zu einem Umfangsrand offene Vertiefungen aufweist, mit einem Dichtungsspalt gegeneinander. Der Stator-Dichtungsring ist mit einer vorgegebenen Andrückkraft in Richtung auf den Rotor-Dichtungsring gedrückt. Sowohl der Stator-Dichtungsring als auch der Rotor-Dichtungsring bestehen aus einem Werkstoff hoher Wärmeleitfähigkeit sowie großen Elastizitätsmodulen und großer Härte. Der Stator-Dichtungsring ist axial beweglich gelagert. Die Vertiefungen sind in der Draufsicht in bezug auf eine in radialer Richtung verlaufenden Linie symmetrisch ausgeführt.



DE 37 45 037 C 2

DE 37 45 037 C 2

Die Erfindung betrifft eine gasgesperrte, kontaktlose Dichtungsanordnung für eine Welle mit Dichtungsgehäuse, in dem Dichtungsgehäuse angeordnetem Stator-Dichtungsring und auf der Welle angeordnetem, wellenfesten Rotor-Dichtungsring, wobei die beiden Dichtungsringe mit ihren Dichtungsstirnflächen gegeneinander mit einem Dichtungsspalt arbeiten, der eine Leckrate bestimmt, wobei der Stator-Dichtungsring randoffene Vertiefungen aufweist und mit einer vorgegebenen Andrückkraft in Richtung auf den Rotor-Dichtungsring gedrückt ist. — Es versteht sich, daß sowohl der Stator-Dichtungsring als auch der Rotor-Dichtungsring aus einem Werkstoff ausreichender Wärmeleitfähigkeit mit großem Elastizitätsmodul und ausreichender Härte bestehen sowie der Stator-Dichtungsring axial beweglich gelagert ist.

Bei den bekannten Dichtungsanordnungen des beschriebenen Aufbaus, von denen die Erfindung ausgeht (EP 0 013 678 A1), sind die Vertiefungen förderwirksame Spiralrillen. Sie sind in der Draufsicht entsprechend geformt und Elemente, die in gasdynamischer Hinsicht gleichsam wie die Schaufeln eines Kompressors wirken sollen. Die Spiralrillen erzeugen nach Maßgabe ihrer Spiralförmigkeit bei entsprechender Rotation eine Gasströmung, die dem Leckstrom entgegenwirkt. Das bedeutet, daß die Drehrichtung des wellenfesten Rotor-Dichtungsringes durch die Pumpwirkung der Spiralrillen vorgegeben ist. Die bekannten Dichtungsanordnungen sind daher nicht drehrichtungsunabhängig und können nicht beliebig montiert werden.

Für linkslaufende bzw. rechtslaufende Rotor-Dichtungsringe muß bei im übrigen vorgegebener Geometrie und vorgegebenen Einbauverhältnissen eine besondere Fertigung erfolgen, die Lagerhaltung muß entsprechend eingerichtet werden, was aufwendig ist. Auch kann es im Betrieb zu Störungen in Anlagen- bzw. Rohrleitungssystemen oder durch Montagefehler zu einem "Rückwärtslauf", d. h. zur Rotation eines mit Spiralrillen versehenen Dichtungsringes mit falscher Drehrichtung kommen. Das führt zu einer Zerstörung von zumindest der Dichtungsstirnfläche, welche die Spiralrillen trägt, die ihrerseits zerstört werden. Im übrigen ist bei den bekannten Dichtungsanordnungen des beschriebenen Aufbaus die Querschnittsgeometrie der Dichtungsanordnung besonders gestaltet, um die Planparallelität der Dichtflächen im Betrieb zu erreichen. Der Rotor-Dichtungsring besteht aus einem Werkstoff hoher Wärmeleitfähigkeit sowie großen Elastizitätsmoduls und großer Härte. Dabei kann mit Wolframcarbid gearbeitet werden. Der Stator-Dichtungsring besteht zwingend aus einem Werkstoff von demgegenüber vergleichsweise kleinem Elastizitätsmodul und geringer Härte, nämlich aus Kohlenstoff, dessen Wärmeleitfähigkeit nicht ausgezeichnet ist. Auf das Porenvolumen und die Oberflächenrauigkeit der Dichtflächen an den Dichtungsringen wird kein besonderer Wert gelegt. Aus dem verhältnismäßig kleinen Elastizitätsmodul und der Wärmeleitfähigkeit des Stator-Dichtungsringes dieser bekannten Dichtungsanordnung resultiert eine durch die Arbeitstemperatur der Dichtungsanordnung bedingte Verwindungsverformung, eine sogenannte Stülpung. Tatsächlich beträgt das Temperaturgefälle in axialer Richtung 25°C und mehr. Eine solche Verwindungsverformung des Stator-Dichtungsringes würde die Dichtungsverhältnisse und die Standzeit beider Dichtungsringe und damit der Dichtungsanordnung insgesamt nachteilig be-

einflussen. Bei der bekannten Ausführungsform sind daher die Anordnung und die Auslegung so getroffen, daß der Verwindungsverformung entgegenwirkende Momente aus der Druckverteilung im Dichtungsspalt entstehen, die im Gleichgewicht die Planparallelität der Dichtflächen bewirken. Zwingend notwendig dazu ist, daß die Vertiefungen, wie vorstehend beschrieben, förderwirksame, eine Pumpwirkung erzeugende Spiralrillen sind und daß die Spiralrillen, die zumindest im Rotor-Dichtungsring angeordnet sind, lediglich von einem Umfang der Dichtungsstirnfläche ausgehend sowie an einem Damm oder Steg enden, wobei in bezug auf die Spiralrillentiefe, in bezug auf das sogenannte Stegbreitenverhältnis sowie in bezug auf das Gleichgewicht bestimmte zahlenmäßige Parameter eingehalten werden müssen. Selbst wenn man diese Maßnahmen verwirklicht, ist der erreichte Effekt unbefriedigend. Das Gleichgewicht und damit die Planparallelität der Dichtflächen sind nur in einem engen Einsatzbereich, nicht aber bei unterschiedlichen Betriebsverhältnissen, gewährleistet. Im übrigen muß bei der bekannten Ausführungsform eine störend hohe Leckrate in Kauf genommen werden, die mit zunehmender Drehzahl der Welle und damit des Rotor-Dichtungsringes wegen der Pumpwirkung der Spiralrillen in starkem Maße zunimmt und durch die nur unvollständige Rückstellung noch vergrößert wird. Bei ähnlichen Dichtungsanordnungen (DE 24 44 544 A1) ist es bekannt, die förderwirksamen Spiralrillen sowohl vom Außenumfang der Dichtungsstirnflächen als auch vom Innenumfang der Dichtungsstirnflächen ausgehen zu lassen.

Der Erfindung liegt das technische Problem zugrunde, eine gasgesperrte, kontaktlose Dichtungsanordnung zu schaffen, die drehrichtungsunabhängig arbeiten kann.

Zur Lösung dieses technischen Problems lehrt die Erfindung, ausgehend von der eingangs beschriebenen Dichtungsanordnung, die weitere Ausbildung mit den folgenden Merkmalen:

- a) Beide Dichtungsringe sind praktisch verwindungsfrei und bestehen aus einem Hartdichtungswerkstoff hoher Wärmeleitfähigkeit von über 70 W/mK ($= \text{kJ/mhK}$), großen Elastizitätsmoduls von über 250.000 N/mm² und entsprechender Härte,
- b) beide Dichtungsringe besitzen ein Porenvolumen von unter 1% sowie eine Oberflächenrauigkeit von unter 0,3 µm (Ra), vorzugsweise von unter 0,03 µm (Ra),
- c) die randoffenen Vertiefungen besitzen in der Draufsicht eine der geometrischen Formen aus der Gruppe "T-förmige Nuten, kreisförmige Vertiefungen mit offenem Umfang am Rand der Dichtungsstirnflächen, gleichschenkelig dreieckförmige Vertiefungen mit am Umfangsrand der Dichtungsstirnflächen fehlender Dreieckspitze",

wobei die Vertiefungen symmetrisch zu einer radialen Linie in der Ringfläche des Stator-Dichtungsringes angeordnet sind.

Nach bevorzugter Ausführungsform der Erfindung bestehen die Dichtungsringe aus einem der Werkstoffe "Wolframcarbid, Siliciumcarbid, Silicium/Siliciumcarbid-Compound, Titancarbid" oder Paarungen davon.

Die erfindungsgemäße Dichtungsanordnung wird zweckmäßigerweise so eingerichtet, daß störende temperaturbedingte Verwindungsverformungen der Dichtungsstirnflächen nicht auftreten. Dazu weist nach be-

vorzugter Ausführungsform der Erfindung der Stator-Dichtungsring ein Flächenträgheitsmoment auf, welches temperaturbedingten Verwindungsverformungen seiner Dichtungsstirnfläche entgegenwirkt, wobei die Dichtungsstirnflächen bei Zimmertemperatur und bei einem Temperaturgradienten von Null eine Ebenheit von $0,4 \mu\text{m}$ pro 100 mm Durchmesser aufweisen. Vorzugsweise besitzen die Dichtungsringe ein Porenvolumen von unter $0,5\%$, die Rauigkeit kann z. B. unter $0,03 \mu\text{m}$ (Ra) liegen. Zur Verwindungsfreiheit trägt bei, daß der Stator-Dichtungsring einen Ringquerschnitt aufweist, dessen Ringhöhe in axialer Richtung zumindest dem Zweifachen der Ringbreite entspricht.

Werkstoffparameter, wie sie vorstehend für die erfindungsgemäße Dichtungsanordnung angegeben sind, sind bei gasgesperrten, kontaktlosen Dichtungsanordnungen mit förderwirksamen Spiralrillen an sich bekannt (Asle Reprint No. 78. AM-3D-1, 1978). Bei hydrodynamischen Gleitringdichtungen, die mit einem hydrodynamischen Schmiermittel arbeiten, ist es bekannt (DE-GM 19 00 441, 1959) in einer Dichtungsstirnfläche am Außenrand offene radiale Nuten anzuordnen. Sie dienen der Aufrechterhaltung eines ständigen Schmiermittelkeils zwischen den Dichtungsstirnflächen. Die insoweit bekannten Maßnahmen haben zur Weiterentwicklung von gasgesperrten, kontaktlosen Dichtungsanordnungen nicht beigetragen.

Der Aufbau der erfindungsgemäßen Dichtungsanordnung insgesamt ist einfach, zumal komplexe und die Einsatzbreite beeinträchtigende Gleichgewichtsbedingungen, wie sie bei der eingangs beschriebenen bekannten Ausführungsform eingehalten werden müssen, nicht einzurichten und zu beachten sind. Nichtsdestoweniger ist in allen Einsatzfällen die Drehrichtungsunabhängigkeit bei sicherer Dichtungsfunktion gegeben. Vertiefungen, die eine ausgeprägte Pumpwirkung erzeugen, sind erfindungsgemäß nicht erforderlich, die Leckrate wird über die Stauung reduziert, welche die in bezug auf eine in radialer Richtung verlaufende Linie symmetrisch ausgeführten Vertiefungen bewirken.

Im folgenden wird die Erfindung anhand einer lediglich ein Ausführungsbeispiel darstellenden Zeichnung ausführlicher erläutert. Es zeigen in schematischer Darstellung

Fig. 1 einen Axialschnitt durch eine Gasdichtungsanordnung im montierten Zustand,

Fig. 2 eine Ansicht des Rotor-Dichtungsringes aus dem Gegenstand nach Fig. 1,

Fig. 3, 4 und 5 andere Ausführungsformen des Gegenstandes der Fig. 2.

Die in den Figuren dargestellte gasgesperrte Dichtungsanordnung für eine Welle 1 besteht in ihrem grundsätzlichen Aufbau aus einem Dichtungsgehäuse 2, einem in dem Dichtungsgehäuse 2 angeordneten Stator-Dichtungsring 3 und einem auf der Welle 1 angeordneten, wellenförmigen Rotor-Dichtungsring 4. Die beiden Dichtungsringe 3, 4 arbeiten mit ihren Dichtungsstirnflächen 3a bzw. 4a, von denen im Ausführungsbeispiel die des Rotor-Dichtungsringes 4 zu einem Umfangsrand hin offene Vertiefungen 5 aufweist, gegeneinander mit einem Dichtungsspalt bei 6, der aus Maßstabsgründen nicht erkennbar ist. Der Stator-Dichtungsring 3 arbeitet mit einer vorgegebenen Andrückkraft, die im Ausführungsbeispiel mit über den Umfang des Stator-Dichtungsringes 3 verteilten Federn 7 resultiert, in Richtung auf den Rotor-Dichtungsring 4. Der Rotor-Dichtungsring 4 besteht aus einem Werkstoff hoher Wärmeleitfähigkeit sowie großen Elastizitätsmoduls bei großer Här-

te. Er ist praktisch verformungsfrei. Der Stator-Dichtungsring 3, der eine Ringhöhe 8 aufweist, die größer ist als seine Dichtungsstirnflächenbreite 9, ist axial beweglich gelagert.

Die Vertiefungen 5 sind in der Draufsicht in bezug auf eine in radialer Richtung verlaufende Linie L symmetrisch ausgeführt. In den Fig. 2 und 3 sind die Vertiefungen T-förmig mit radialen Stauanten 5a ausgeführt. In Fig. 4 sind die Vertiefungen 5 kreisförmig, in Fig. 5 dreieckförmig mit gleichsam abgeschnittener Spitze. Alle dargestellten Ausführungsformen sind also symmetrisch in bezug auf einen Radius Sb. Die Tiefe der Vertiefungen 5 liegt vorzugsweise unter $2,5 \mu\text{m}$. Die Dichtungsstirnflächen 3a, 4a sind bei Zimmertemperatur bei einem Temperaturgradienten von Null bis auf eine Ungenauigkeit praktisch vollkommen eben. Die Dichtungsringe 3, 4 bestehen aus einem der angegebenen Werkstoffe oder entsprechenden Paarungen.

Aus den Fig. 2 sowie 4 und 5 entnimmt man, daß die Vertiefungen 5 an einem Außenumfang der Dichtungsstirnfläche 4a beginnen und an einem Damm 10 der Dichtungsstirnfläche 4a enden, der aus dem vertiefungsfreien Teil der Dichtungsstirnfläche 4a besteht. Gemäß Fig. 3, deren Gegenstand nicht mehr zur Erfindung gehört, beginnen die Vertiefungen 5 sowohl am Innendurchmesser als auch am Außendurchmesser der Dichtungsstirnfläche 4a. Sie enden an einem mittigen, vertiefungsfreien Damm 10. Der Damm 10 verläuft in Fig. 3 gleichsam mäanderförmig. Die Dichtungsstirnflächen 3a, 4a können eine Notlaufausrüstung geringer Dicke aus Graphit, Polytetrafluoräthylen od. dgl. tragen, was aus Maßstabsgründen nicht gezeichnet wurde.

Die beiden Dichtungsringe 3, 4 bestehen aus einem Werkstoff hoher Wärmeleitfähigkeit sowie großen Elastizitätsmoduls mit großer Härte. Beide Dichtungsringe 3, 4 besitzen das vorstehend angegebene geringe Porenvolumen und die vorstehend angegebene geringe Oberflächenrauigkeit. Der Stator-Dichtungsring 3 besitzt im übrigen ein Flächenträgheitsmoment, welches temperaturbedingten Verwindungsverformungen seiner Dichtungsstirnfläche 3a entgegenwirkt.

Patentansprüche

1. Gasgesperrte, kontaktlose Dichtungsanordnung für eine Welle (1) mit Dichtungsgehäuse (2), in dem Dichtungsgehäuse (2) angeordnetem Stator-Dichtungsring (3) und auf der Welle (1) angeordnetem, wellenförmigen Rotor-Dichtungsring (4), wobei die beiden Dichtungsringe (3, 4) mit ihren Dichtungsstirnflächen (3a, bzw. 3b) gegeneinander mit einem Dichtungsspalt (6) arbeiten, der eine Leckrate bestimmt, wobei der Stator-Dichtungsring (3) randoffene Vertiefungen (5) aufweist und mit einer vorgegebenen Andrückkraft in Richtung auf den Rotor-Dichtungsring (4) gedrückt ist und wobei die folgenden Merkmale verwirklicht sind:

- Beide Dichtungsringe (3, 4) sind praktisch verwindungsfrei und bestehen aus einem Hartdichtungswerkstoff hoher Wärmeleitfähigkeit von über 70 W/mK ($= \text{kJ/mhK}$), großen Elastizitätsmoduls von über 250.000 N/mm^2 und entsprechender Härte,
- beide Dichtungsringe (3, 4) besitzen ein Porenvolumen von unter 1% sowie eine Oberflächenrauigkeit von unter $0,3 \mu\text{m}$ (Ra), vorzugsweise von unter $0,03 \mu\text{m}$ (Ra).

- c) die randoffenen Vertiefungen (5) besitzen in der Draufsicht eine der geometrischen Formen aus der Gruppe "T-förmige Nuten, kreisförmige Vertiefungen mit offenem Umfang am Rand der Dichtungsstirnflächen (3a), gleichschenkelig dreieckförmige Vertiefungen mit am Umfangsrand der Dichtungsstirnflächen fehlender Dreieckspitze",
- wobei die Vertiefungen (5) symmetrisch und sich nach radial innen erweiternd zu einer radialen Linie (L) in der Dichtungsstirnfläche (3a) des Stator-Dichtungsringes (3) angeordnet sind.
2. Dichtungsanordnung nach Anspruch 1, wobei die Dichtungsringe (3, 4) aus einem der Werkstoffe der Gruppe "Wolframcarbid, Siliciumcarbid, Silicium/Siliciumcarbid-Compound, Titancarbid" oder Paarungen davon bestehen.
3. Dichtungsanordnung nach einem der Ansprüche 1 oder 2, wobei der Stator-Dichtungsring (3) ein Flächenträgheitsmoment besitzt, welches temperaturbedingten Verwindungsverformungen seiner Dichtungsstirnflächen (3a) entgegenwirkt und wobei die Dichtungsstirnflächen (3a, 3b) bei Zimmertemperatur und bei einem Temperaturgradienten von Null eine Ebenheit von $0,4 \mu\text{m}$ pro 100 mm Durchmesser aufweisen.
4. Dichtungsanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei die Dichtungsringe (3, 4) ein Porenvolumen von unter 0,5% aufweisen.
5. Dichtungsanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei der Stator-Dichtungsring (3) einen Ringquerschnitt aufweist, dessen Ringhöhe in axialer Richtung zumindest dem Zweifachen der Ringbreite entspricht.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

Fig. 1

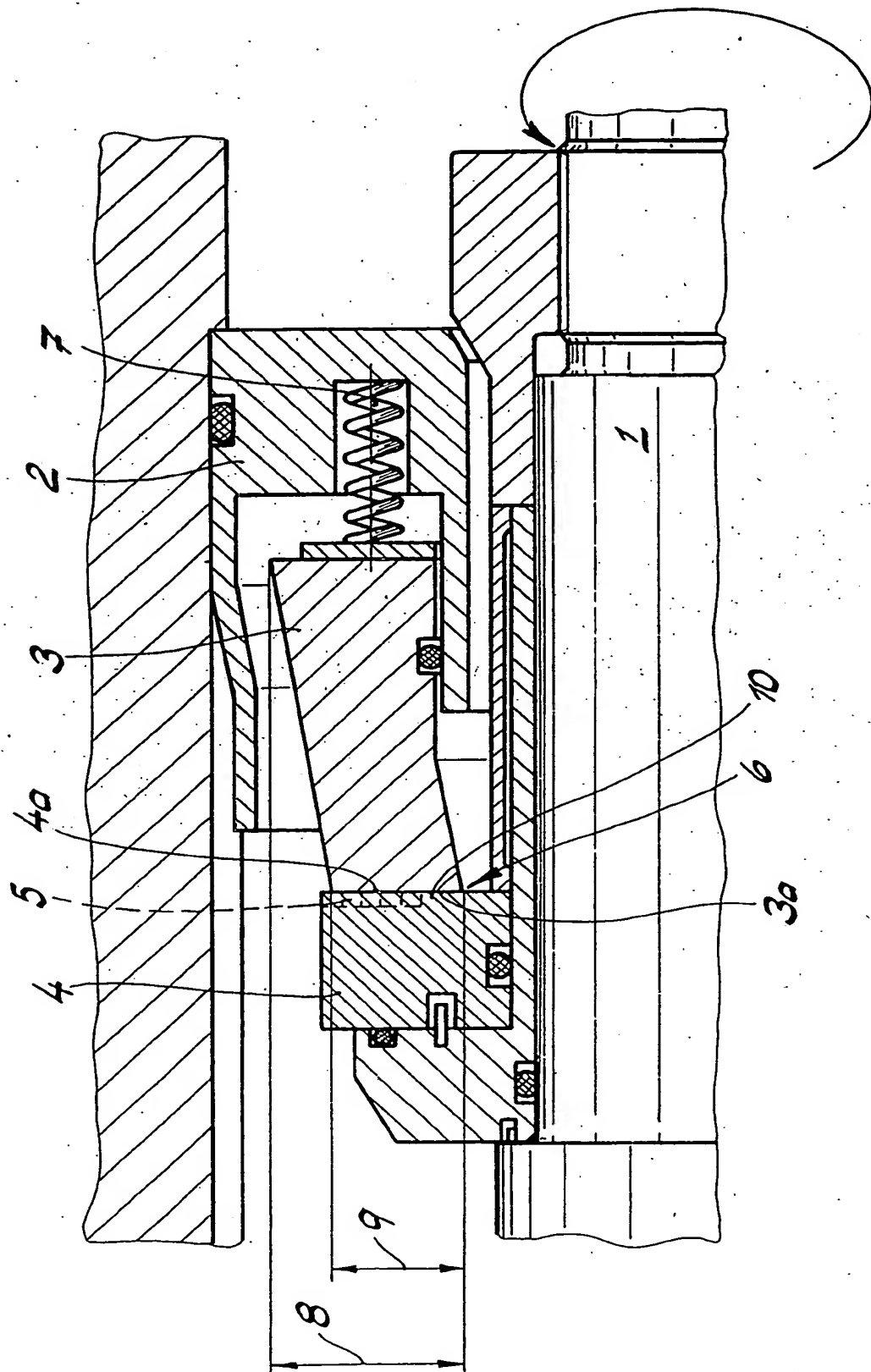


Fig. 2

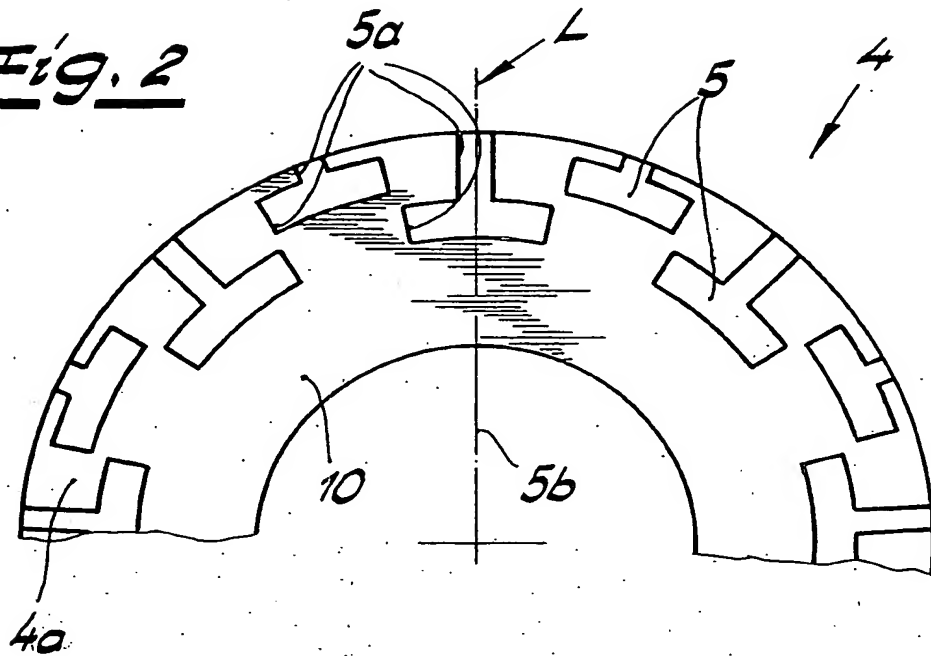


Fig. 3

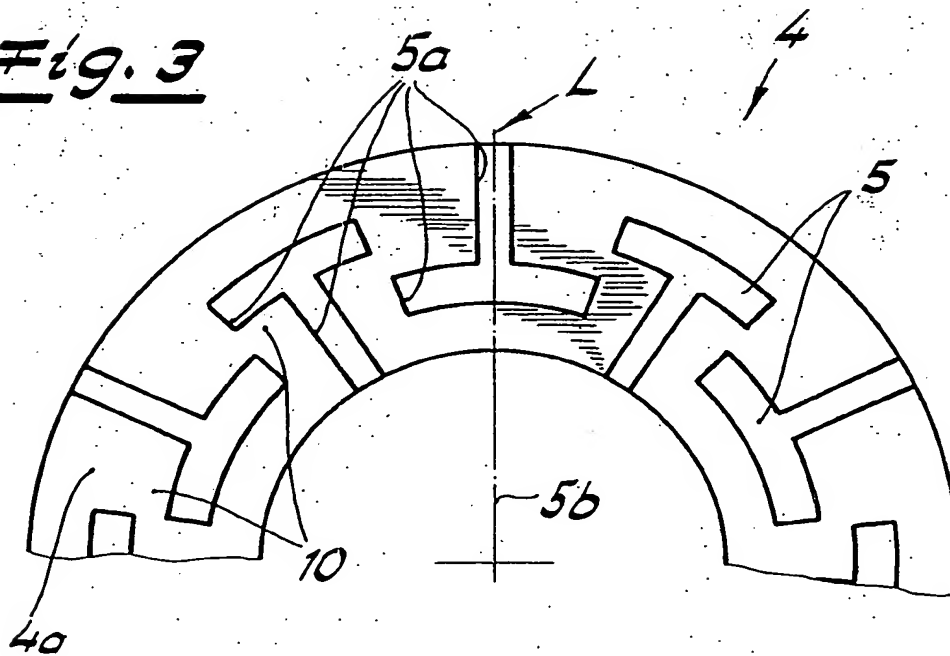


Fig. 4

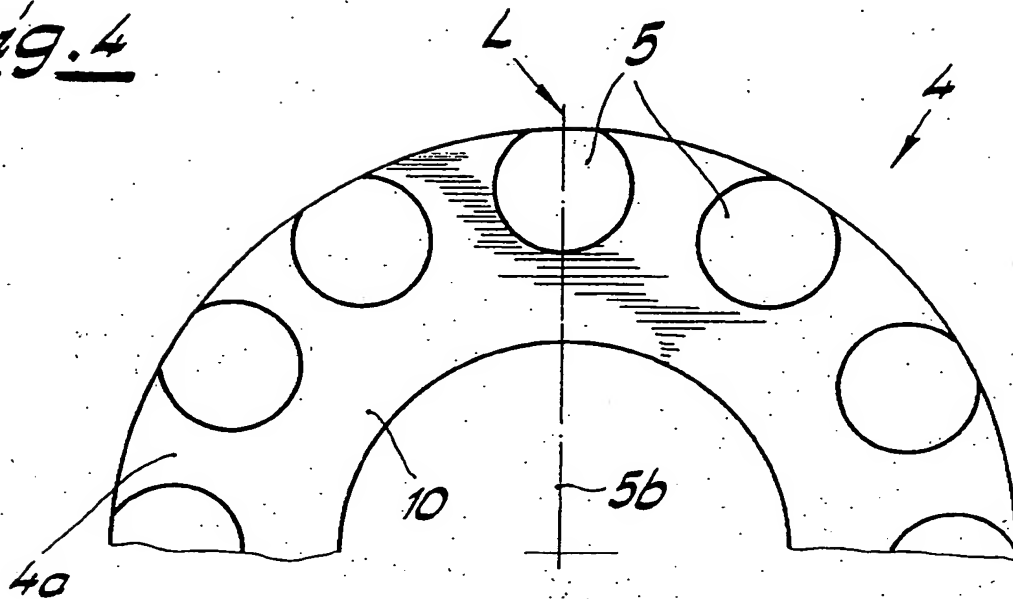


Fig. 5

